

СВАРИВАЕМОСТЬ АУСТЕНИТНЫХ АЗОТСОДЕРЖАЩИХ СТАЛЕЙ

Азот добавляют в аустенитные нержавеющие стали для повышения их механических свойств, а также улучшения стойкости против питтинговой коррозии. Обычно стали данного типа содержат: 10...17 масс.% никеля, 17...22 масс.% хрома, 0,02...0,15 масс.% углерода, 0,5...12 масс.% марганца, 0,4...4 масс.% кремния. Концентрация примесей бывает крайне низкой: суммарное содержание фосфора и серы не превышает 0,035 масс.%. Азота такие стали содержат, как правило, 0,1...0,6 масс.%.

Стали данного типа легирования создают некоторые трудности при сварке. В первую очередь, это вероятность образования в металле шва кристаллизационных, так называемых горячих трещин. Чтобы уменьшить чувствительность металла сварных швов к образованию горячих трещин, важно обеспечить феррито-аустенитную структуру при их кристаллизации. Особенно это относится к швам при сварке сталей с высоким содержанием марганца и кремния. Если в металле шва соотношение $Cr_3/Ni_3 \leq 1,3$ (диаграмма WRC-1992), то кристаллизация идет с преимущественным образованием в микроструктуре первичного аустенита, феррита же в металле шва нет или образуется недостаточно и склонность к горячим трещинам весьма значительна. Безопасным считается соотношение $Cr_3/Ni_3 \geq 1,7$. При кристаллизации такого двухфазного металла шва одновременно возникают аустенитные и ферритные центры. Участки феррита располагаются в междендритных пространствах и на границах кристаллов аустенита, сдерживая их рост, и поэтому в этом формируется мелкозернистая структура. Учитывая, что кристаллизационные трещины всегда являются межкристаллитными, то траектория продвижения предполагаемой горячей трещины будет извилистой, а не ровной и прямолинейной, что и сдерживает ее продвижение. Однако для некоторых из высокоазотистых сталей имеются соответствующие им по химическому составу сварочные материалы. В частности, это отечественные электроды типа Э-08Х24Н6ТАФМ, с содержанием ферритной фазы до 20 % при уровне азота в наплавленном металле до 0,20 масс.% и показателем $Cr_{eq}/Ni_{eq} \approx 2,1$. Отметим также электроды марки

OK68.53 и OK67.50 (ESAB), содержание ферритной фазы в металле шва при использовании которых 20–23,5 %, концентрация азота – до 0,25 масс.%, а показатель $Cr_{eq}/Ni_{eq} \approx 1,9$. В случае необходимости сварки сталей некоторых специальных составов из основного металла вырезают полосы, «лапшу», которые используют в качестве присадки, в частности для аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

Другой важной задачей является необходимость сохранения стойкости против коррозионного растрескивания под напряжением и питтинговой коррозии готовых сварных соединений, что достигается получением чисто аустенитной структуры в азотистых сталях за счет повышения содержания как в основном металле, так и в металле сварного шва, хрома, никеля, молибдена и азота. Большинство таких аустенитных сталей имеют состав в пределах 19...26 масс.% Cr, 15...25 масс.% Ni, 4...8 масс.% Mo, 0...0,03 масс.% C, 0,1...0,6 масс.% N. Эквивалент стойкости против питтинговой коррозии (PREN), являющийся обобщенной мерой сопротивляемости точечной коррозии, у таких сталей, как правило, превышает 35. При сварке описываемых супераустенитных сталей используют электроды типов Э-02X19H18Г5АМЗ и Э-02X19H15Г4МЗАВ2, а также марки ОК69.33 и ОК69.63 (ESAB). Указанные сварочные электроды позволяют получить швы, у которых металл содержит до 0,23 масс.% азота и показатели PREN = 35...42.

Некоторые проблемы могут возникнуть у перечисленных выше азотсодержащих сталей из-за образования пористости в швах в процессе электронно-лучевой и лазерной сварки. Значительный перегрев металла сварочной ванны и высокие скорости кристаллизации, характерные для этих технологий, приводят к пересыщению металла сварочной ванны газообразным азотом, который не успевает выделиться из расплава в атмосферу и после затвердевания приводит к появлению «азотных» пор. Обнадеживающие результаты получены при сварке азотсодержащих аустенитных сталей под слоем керамических флюоритно-основных флюсов типов ФЦК-27 и АНК-67 присадочными проволоками аналогичных с основным металлом составов. При использовании указанной технологии сварки поры в металле швов не выявлены, хотя концентрация хрома и азота снижается по сравнению с основным металлом, а кремния несколько повышается.

Учитывая, что аустенитные азотсодержащие стали имеют хорошую свариваемость и хорошую стойкость в агрессивных средах, ожидается, что их применение, в том числе в виде сварных металлоконструкций, будет продолжать расширяться.